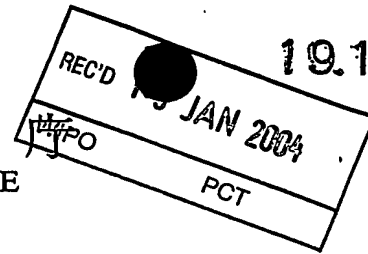


10/524778  
PCT/JPO03/16441

19.12.03

日本国特許  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 2月14日

出願番号  
Application Number: 特願2003-037523  
[ST. 10/C]: [JP2003-037523]

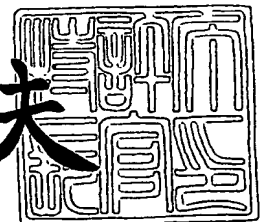
出願人  
Applicant(s): 三菱住友シリコン株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3084915

【書類名】 特許願

【整理番号】 KP1067

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/02  
H01L 27/12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 梅野 繁

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 宝来 正隆

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 佐野 正和

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 三木 新一郎

【特許出願人】

【識別番号】 302006854

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号

【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社

【代表者】 森 禮次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 168115

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】

明細書 1

【物件名】

要約書 1

【ブルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 シリコンウェーハの製造方法およびシリコンウェーハ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコンウェーハを酸化熱処理するシリコンウェーハの製造方法において、酸化熱処理の温度を $T$  (°C) とし、ウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) とした時に、酸化熱処理温度とウェーハの格子間酸素濃度の組み合わせが次の関係を満たすことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

$[O_i] \leq 9.42 \times 10^{21} \cdot \exp(-1.196 / (k(T+273)))$   
ここで、格子間酸素濃度 $[O_i]$ はFT-IR法で測定した値 (ASTM F-121、1979年)、 $k$ はボルツマン定数 $8.617 \times 10^{-5}$  (eV)

【請求項2】 前記酸化熱処理の後に、ウェーハを鏡面研磨することを特徴とする請求項1記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項3】 前記請求項1または請求項2記載の製造方法により製造されたシリコンウェーハを使用することを特徴とするSOI構造を有するシリコンウェーハの製造方法。

【請求項4】 活性層側ウェーハと支持側ウェーハを、酸化膜を介して貼り合わせて形成されるSOIウェーハの製造方法において、活性層側ウェーハに施される埋め込み酸化膜形成熱処理温度を $T$  (°C) とし、活性層側ウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) とした時に、酸化膜形成熱処理温度と活性層側ウェーハの格子間酸素濃度の組み合わせが次の関係を満たすことを特徴とするSOI構造を有するシリコンウェーハの製造方法。

$[O_i] \leq 9.42 \times 10^{21} \cdot \exp(-1.196 / (k(T+273)))$   
ここで、格子間酸素濃度 $[O_i]$ はFT-IR法で測定した値 (ASTM F-121、1979年)、 $k$ はボルツマン定数 $8.617 \times 10^{-5}$  (eV)

【請求項5】 活性層側ウェーハと支持側ウェーハを酸化膜を介して貼り合わせたSOIウェーハの製造方法において、貼り合わせ熱処理の温度を $T$  (°C) とし、活性層側ウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) とした時に、貼り合わせ熱処理温度と活性層側ウェーハの格子間酸素濃度の組み

合わせが次の関係を満たすことを特徴とする S O I 構造を有するシリコンウェーハの製造方法。

$$[O_i] \leq 9.42 \times 10^{21} \cdot \exp(-1.196 / (k(T + 273)))$$

ここで、格子間酸素濃度  $[O_i]$  は F T - I R 法で測定した値 (ASTM F-121、1979 年)、 $k$  はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (e V)

【請求項 6】 前記シリコンウェーハは窒素を  $5 \times 10^{13}$  a t o m s / c m<sup>3</sup> 以上ドーピングした単結晶から切り出したウェーハであることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 7】 前記シリコンウェーハは炭素を  $5 \times 10^{16}$  a t o m s / c m<sup>3</sup> 以上ドーピングした単結晶から切り出したウェーハであることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 8】 前記シリコンウェーハは窒素を  $5 \times 10^{13}$  a t o m s / c m<sup>3</sup> 以上、かつ、炭素を  $5 \times 10^{16}$  a t o m s / c m<sup>3</sup> 以上ドーピングした単結晶から切り出したウェーハであることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 9】 前記シリコンウェーハは中性子照射されたシリコン単結晶から切り出したウェーハであることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 8 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 10】 前記酸化熱処理後のシリコンウェーハ中の結晶欠陥密度が  $1 \times 10^5$  個 / c m<sup>3</sup> 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 9 に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 11】 前記酸化熱処理後のシリコンウェーハ中の結晶欠陥密度が  $1 \times 10^5$  個 / c m<sup>3</sup> 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 9 に記載のシリコンウェーハ

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、結晶欠陥密度が低いシリコンウェーハ、活性層の結晶欠陥密度が低い S O I ウェーハ、結晶欠陥密度が低く比抵抗の均一性がよいシリコンウェー

ハおよびその製造方法に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

一般的に、チョクラルスキー法（CZ法）で育成されたシリコン単結晶には結晶育成直後（as-grown）の状態でも  $0.1\ \mu\text{m}$  程度の大きさの欠陥が、 $1 \times 10^5$  個/ $\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^7$  個/ $\text{cm}^3$  程度の欠陥密度で存在している。この欠陥は、結晶の冷却過程で過剰な空孔が凝集して生成する微小な空洞欠陥（ボイド）である。ボイドは、結晶からウェーハを切り出して研磨することによってウェーハ表面に露出し、ピットを形成する。このピット及びウェーハ内部に存在するボイドは、通常、COP（Crystal Originated Particle）と呼ばれて、微細なデバイス構造の障害となる。

#### 【0003】

シリコンウェーハ内に存在するCOPを低減する方法としては、水素またはアルゴン雰囲気中で熱処理を施す方法が知られている。しかしながら、この方法では、ウェーハ表面近傍の数  $\mu\text{m}$  程度の範囲のCOPしか消滅させることができない。しかも、危険性の高い水素を高温で使用するため、特殊で高価な熱処理設備が必要であり、その結果、ウェーハ製造コストは高くなる。

#### 【0004】

水素またはアルゴン雰囲気中の熱処理によって得られる無欠陥層よりもより厚い無欠陥層を必要とする場合の選択肢は、これまで次の二つである。一つ目の選択肢は、COPを含むウェーハ表面上にシリコンのエピタキシャル成長を行う方法である。エピタキシャル層にはCOPは形成されないが、この方法の問題点は、製造コストが高く、エピタキシャルウェーハ特有の積層欠陥や転位などの欠陥が発生する問題がある。

#### 【0005】

二つ目の選択肢は、結晶育成時に、結晶の育成速度（V）と結晶成長方向の結晶内の温度勾配（G）の比（V/G）を制御して、COPを含まない結晶を育成する方法である。この方法によれば、COPを含まない結晶を育成することは可能であるが、V/Gが許容範囲から外れると、COP領域、OSF-ring領

域（熱処理によってOxidation induced Stacking Fault がリング状に発生する領域）、転位クラスター領域が現れてしまうことになる。このV/Gの許容範囲は非常に狭く、COPも、OSF-ring領域も、転位クラスターも含まない結晶を安定的に製造するのは非常に困難であり、しかも、育成速度（V）を遅くしなければならず、ウェーハ製造コストが高くなるという問題もある。

【0006】

【特許文献1】

特開平8-268794号公報

【0007】

SOIウェーハの活性層内のCOPを低減する方法としては、特許第3085184号公報、特開平9-22993号公報、特開平10-84101号公報、特開平11-354761号公報、特開2000-49063号公報に記載されているように、エピタキシャル成長したウェーハを活性層側ウェーハに使用するか、水素などの還元性雰囲気またはアルゴンなどの不活性ガス雰囲気中で高温熱処理を施したウェーハを活性層側ウェーハに使用する方法が知られている。また、特開平11-145020号公報のようにSOIウェーハを還元性雰囲気中で熱処理する方法も提案されている。しかしながら、これらの方法は従来のSOIウェーハ製造工程に、エピタキシャル成長や水素またはアルゴン雰囲気中で高温熱処理を新たに追加する方法であり、コストが増大するとともに、スリップの発生、エピタキシャル層の積層欠陥（SF: Stacking Fault）、転位、熱処理時の酸素析出物形成など、新たな欠陥の発生する可能性がある。

【0008】

【特許文献2】

特許第3085184号公報

【0009】

【特許文献3】

特開平9-22993号公報

【0010】

【特許文献4】

特開平10-84101号公報

【0011】

【特許文献5】

特開平11-354761号公報

【0012】

【特許文献6】

特開2000-49063号公報

【0013】

【特許文献7】

特開平11-145020号公報

【0014】

一方、リンをドーパントとして育成されたCZ単結晶は、結晶長さ方向に取り込まれるドーパント濃度が偏析によって決まってしまうため、ウェーハの比抵抗は結晶からのウェーハ切り出し位置によって大きく異なってしまう。このため、比抵抗の許容範囲が狭く、結晶欠陥密度の許容限界が低い半導体デバイス用の基板としては、エピタキシャルウェーハ(以下、エピウェーハと記述)や、フローティングゾーン法(FZ法)で育成され中性子照射を行った結晶から切り出したウェーハが使用されてきた。しかしながら、エピウェーハは高価であり、FZ法では大口径結晶の育成が困難である等の問題があった。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、このような上記問題点に鑑みてなされたものであって、ウェーハの深い位置までCOPが極めて少ないシリコンウェーハを製造する方法を提供することを目的とするものである。しかも、低コストでCOP密度が低いウェーハを製造するにあたっては、以下の(1)～(3)を考慮する必要がある。

【0016】

(1)エピタキシャル成長や、水素などの還元性雰囲気またはアルゴンガスなどの不活性ガス雰囲気中での高温熱処理を行うことなく、COPが極めて少ないシリコンウェーハを製造する方法。



## 【0017】

(2)エピタキシャル成長や、水素などの還元性雰囲気またはアルゴンガスなどの不活性ガス雰囲気中での高温熱処理のような工程を追加することなく、COPが極めて少ない活性層を有するSOIウェーハを安価に製造する方法。

## 【0018】

(3)エピタキシャル成長やFZ法で育成された結晶を用いることなく、COPが極めて少なく、かつ、比抵抗の均一性がよいシリコンウェーハを低コストで製造する方法。

## 【0019】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、シリコンウェーハを酸化熱処理した場合に、シリコンウェーハの格子間酸素濃度と酸化熱処理温度との関係がある特定の条件を満足する場合に、酸化熱処理によってウェーハ表面に発生する格子間シリコン原子がウェーハ内部まで拡散し、COP内部が格子間シリコン原子で埋まり、その結果、ウェーハの深い位置でもCOPが極めて少ないウェーハを製造できることを知見し、本発明を完成させた。

## 【0020】

本発明者らは、まず、シリコンウェーハの酸素濃度と酸化熱処理温度との関係が、ウェーハ内に存在するCOPにどのような影響を与えるのかを調べるために、以下の実験を行った。酸素濃度が $2.83 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、 $6.48 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ の2水準のシリコンウェーハを用意し、各ウェーハに対して $1045^\circ\text{C}$ 、 $1060^\circ\text{C}$ 、 $1075^\circ\text{C}$ 、 $1180^\circ\text{C}$ 、 $1175^\circ\text{C}$ 、 $1190^\circ\text{C}$ の6水準の熱処理温度に変更した酸化熱処理した後、ウェーハ表面から深さ $50 \mu\text{m}$ におけるCOPの有無を調査した。

## 【0021】

その結果を表1に示す。なお、本実験では、ウェーハの酸素濃度はFT-IR法（換算係数：ASTM F-121、1979年）で測定し、ウェーハ内のCOPの有無は赤外明視野干渉計（アクセントオプティカルテクノロジーズ社のOPP（Optical Precipitate Profiler）装置）で評価した。

【0022】

【表1】

| 酸素濃度<br>( $\times 10^{17}$ atoms/m <sup>3</sup> ) | 熱処理温度(°C) |      |      |      |      |      |
|---|-----------|------|------|------|------|------|
|   | 1045      | 1060 | 1075 | 1160 | 1175 | 1190 |
| 2.83  | 残存        | 消滅   | 消滅   |      |      |      |
| 6.48  |           |      |      | 残存   | 消滅   | 消滅   |

【0023】

表1から明らかなように、ウェーハの酸素濃度が低ければ、より低温の酸化熱処理温度でCOPが消滅することがわかる。この関係をアレニウスプロットすると、COPが消滅する方向の反応が起きるための条件は次の式で表すことができる。なお、上記実験において、熱処理ガス雰囲気を窒素ガス、水素ガス、アルゴンガスに変更してそれぞれ同様の実験を行ったが、ウェーハ内部（深さ50  $\mu$ m位置）でのCOP消滅は観察されなかった。

【0024】

【数1】

$$[O_i] \leq 9.42 \times 10^{21} \cdot \exp(-1.196 / (k(T+273)))$$

式(1)

ここで、 $[O_i]$  はウェーハの格子間酸素濃度 (ASTM F-121、1979年)、 $T$  は酸化雰囲気熱処理温度 (°C)、 $k$  はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (eV) である。

【0025】

すなわち、本発明の要旨は、シリコンウェーハを酸化熱処理するシリコンウェーハの製造方法において、酸化熱処理の温度を  $T$  (°C) とし、ウェーハの格子間酸素濃度を  $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) とした時に、酸化熱処理温度とウェーハの格子間酸素濃度の関係が前述した関係式(1)を満足することを特徴とするものである。これにより、ウェーハの深い位置でもCOPが極めて少ないシ

リコンウェーハを製造することができる。

【0026】

本発明は、関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理したシリコンウェーハをSOIウェーハ製造に使用することを特徴とするものである。これにより活性層にはCOPが存在しない高品質なSOI構造のシリコンウェーハを製造することができる。

【0027】

本発明は、活性層側ウェーハと支持側ウェーハを、酸化膜を介して貼り合わせて貼り合わせて形成されるSOIウェーハの製造方法において、活性層側ウェーハに施される酸化膜形成熱処理を、関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理することを特徴とするものである。これにより活性層にはCOPが存在しない高品質なSOI構造のシリコンウェーハを製造することができる。

【0028】

本発明は、活性層側ウェーハと支持側ウェーハを、酸化膜を介して貼り合わせて形成されるSOIウェーハの製造方法において、貼り合わせ熱処理を、関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理することを特徴とするものである。これにより活性層にはCOPが存在しない高品質なSOI構造のシリコンウェーハを製造することができる。

【0029】

本発明は、関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理後に、ウェーハ表面を鏡面研磨することを特徴とするものである。関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理されたシリコンウェーハは、ウェーハ表面から深い位置までCOPが消滅していることから、酸化熱処理後にウェーハ表面に鏡面研磨処理を施しても、デバイス活性領域(COP消滅領域)が十分に確保されており、何ら問題なく鏡面研磨処理を実施することができる。また、この酸化熱処理後の鏡面研磨処理の採用によって、通常実施される酸化熱処理前のシリコンウェーハの鏡面研磨処理工程を省略することもできる。

【0030】

本発明は、窒素、炭素あるいは窒素および炭素をドーピングしたシリコン単結晶か

ら切り出されたシリコンウェーハを、関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理することを特徴とするものである。本発明においてはシリコンウェーハの酸素濃度が低いことから、ウェーハの機械的強度が低下することになるが、窒素や炭素をドーピングしたシリコンウェーハを使用すれば、ウェーハの機械的強度が向上し、高温熱処理時のスリップ転位の発生などを抑制することができる。また、窒素の添加は結晶育成時に形成されるCOPサイズを縮小させる作用があり、その後の酸化熱処理によるCOP消滅をより促進させることができる。

#### 【0031】

本発明は、中性子照射したシリコン単結晶から切り出されたシリコンウェーハを、関係式(1)を満足する条件で酸化熱処理することを特徴とするものである。これにより、CZ法で育成された単結晶であっても、中性子照射することで結晶からのウェーハ切り出し位置による比抵抗値のばらつきを解消したCOPの少ないウェーハを製造することができる。

#### 【0032】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係わる方法を用いて、実験した場合の具体例を示すが、本発明はそれらに限定されるものではない。

#### 【0033】

本実施例において使用したサンプルは酸素、窒素、炭素の濃度が異なる6インチCZシリコン単結晶から切り出し、表面の加工歪み層をエッチングにより除去したウェーハを用いて、熱処理雰囲気、熱処理温度を異なる条件とし各種試験を実施した。

#### 【0034】

表面近傍(深さ約 $5\mu\text{m}$ まで)と深さ $100\mu\text{m}$ の位置に欠陥が存在するか否か明らかにするために、光散乱法と赤外明視野干渉法で欠陥観察を行った。光散乱法での観察には三井金属鉱業製のMO601(入射光の波長 $680\text{nm}$ )を用いた。赤外明視野干渉法での観察には、アクセントオプティカルテクノロジーズ社のOPPを用いた。

#### 【0035】

## 【実施例 1】

格子間酸素濃度 (ASTM F-121、1979年) が  $4.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  のウェーハに、 $1150^\circ\text{C}$  で4時間の酸化雰囲気熱処理を行った後、酸化膜を除去して約  $15 \mu\text{m}$  鏡面研磨を行い、サンプルAを作製した。格子間酸素濃度が  $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  のウェーハにも同様の処理を行って、サンプルBを作製した。ちなみに、 $1150^\circ\text{C}$  で式(1)の関係を満たす格子間酸素濃度は、 $5.47 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下である。

## 【0036】

サンプルAとBの表面近傍 (深さ約  $5 \mu\text{m}$  まで) と深さ  $100 \mu\text{m}$  の位置で欠陥密度を測定した結果、サンプルAの表面近傍欠陥密度は  $15 \text{ 個/cm}^3$  以下、深さ  $100 \mu\text{m}$  の位置では、 $4.4 \times 10^4 \text{ 個/cm}^3$  以下であることが判明した。MO601でもOPPでも欠陥は検出されなかったが、この両者では、計測体積が異なるので検出可能な欠陥密度の下限が異なる。

## 【0037】

一方、式(1)の関係を満たす格子間酸素濃度ではないサンプルBは、表面近傍でも深さ  $100 \mu\text{m}$  の位置でも約  $1 \times 10^6 \text{ 個/cm}^3$  の欠陥が観察された。式(1)の関係を満たす熱処理を行なうことによって、従来の水素またはアルゴン中での熱処理では得られなかった、深い位置でも欠陥密度が極めて低いシリコンウェーハを作製できた。

## 【0038】

## 【実施例 2】

次に窒素をドーピングしたウェーハでの実施例を示す。格子間酸素濃度が  $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が  $5.0 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$  のウェーハに、 $1200^\circ\text{C}$  で1時間の酸化雰囲気熱処理を行った後、酸化膜を除去して約  $15 \mu\text{m}$  鏡面研磨を行い、サンプルCを作製した。格子間酸素濃度が  $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  で窒素をドーピングしていないウェーハにも同様の処理を行って、サンプルDを作製した。サンプルDと同じ結晶から切り出したウェーハに、熱処理条件を  $1200^\circ\text{C}$  で3時間とした以外はサンプルDと同様の処理を行ってサンプルEを作製した。

## 【0039】

実施例1と同様に、欠陥観察を行った結果、サンプルCとEでは欠陥が観察されなかったが、サンプルDでは、約  $2 \times 10^5$  個/cm<sup>3</sup> の欠陥が観察された。また、X線トポグラフでスリップ転位の発生状況を観察したところ、サンプルDとEではスリップ転位が観察されたが、窒素をドーピングしたサンプルCではスリップ転位が観察されなかった。

## 【0040】

窒素をドーピングしたことによって、COPが消滅するのに要する時間が短縮され、更に、ウェーハの機械的強度が向上してスリップ転位の発生が防止できた。しかし、窒素濃度が  $5.0 \times 10^{13}$  atoms/cm<sup>3</sup> 未満の場合には、これら二つの効果は認められなかった。

## 【0041】

## 【実施例3】

次に炭素をドーピングしたウェーハでの実施例を示す。格子間酸素濃度が  $4.5 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup>、炭素濃度が  $5.0 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup> のウェーハに、1150℃で4時間の酸化雰囲気熱処理を行った後、酸化膜を除去して約15μm鏡面研磨を行い、サンプルFを作製した。格子間酸素濃度が  $4.5 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup> で炭素をドーピングしていないウェーハにも同様の処理を行って、サンプルGを作製した。

## 【0042】

実施例1と同様に、欠陥観察を行った結果、サンプルFとGともに欠陥は観察されなかった。X線トポグラフでスリップ転位の発生状況を観察したところ、サンプルGではスリップ転位が観察されたが、炭素をドーピングしたサンプルFではスリップ転位が観察されなかった。

## 【0043】

炭素をドーピングしたことによって、ウェーハの機械的強度が向上してスリップ転位の発生が防止できた。しかし、炭素濃度が  $5.0 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup> 未満の場合には、この効果は認められなかった。

## 【0044】

## 【実施例 4】

次に SOI ウェーハでの実施例を示す。実施例 2 で作製したサンプル C (格子間酸素濃度が  $6.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が  $5.0 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ ) を活性層側ウェーハとして用い、埋め込み酸化膜形成熱処理を  $1050^\circ\text{C}$  で 4 時間行った。支持側ウェーハとの貼り合わせ熱処理を  $1100^\circ\text{C}$  で 1 時間行い、活性層が厚さ  $15 \mu\text{m}$  になるまで研磨して、SOI ウェーハを作製しサンプル H とした。

## 【0045】

ちなみに、 $1050^\circ\text{C}$  と  $1100^\circ\text{C}$  で式 (1) の関係を満たす格子間酸素濃度は、それぞれ、 $2.62 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下と  $3.84 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下である。

## 【0046】

この SOI ウェーハ活性層の表面近傍を光散乱法で観察したが、欠陥は検出されなかった。

## 【0047】

## 【実施例 5】

次に SOI ウェーハの埋め込み酸化膜形成熱処理での実施例を示す。格子間酸素濃度が  $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が  $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  の鏡面研磨済みウェーハに、埋め込み酸化膜形成熱処理を  $1100^\circ\text{C}$  で 4 時間行った。

## 【0048】

次に、支持側ウェーハとの貼り合わせ熱処理を  $1050^\circ\text{C}$  で 2 時間行い、活性層が厚さ  $15 \mu\text{m}$  になるまで研磨してサンプル I を作製した。

## 【0049】

格子間酸素濃度が  $5.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が  $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  の鏡面研磨済みウェーハにも同じ処理を行って、サンプル J を作製した。

## 【0050】

ちなみに、 $1100^\circ\text{C}$  で式 (1) の関係を満たす格子間酸素濃度は、 $3.84$

$\times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下である。

【0051】

サンプルIとJの活性層の表面及び表面近傍（深さ約 $5 \mu\text{m}$ まで）に欠陥が存在するか否かの欠陥観察を行った結果、サンプルIでは欠陥が観察されなかったが（欠陥密度 $15 \text{ 個/cm}^3$  以下）、サンプルJでは、約 $1 \times 10^6 \text{ 個/cm}^3$ の欠陥が観察された。

【0052】

埋め込み酸化膜形成熱処理の温度において、式（1）の関係を満たす格子間酸素濃度のウェーハを活性層側に用いたことによって、従来の活性層にCOPを含むSOIウェーハの製造工程に何の工程も追加することなく活性層にCOPを含まないSOIシリコンウェーハが製作できた。

【0053】

【実施例6】

次にSOIウェーハの貼り合わせ熱処理での実施例を示す。格子間酸素濃度が $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ の鏡面研磨済みウェーハに、埋め込み酸化膜形成熱処理を $1050^\circ\text{C}$ で4時間行った。

【0054】

次に、支持側ウェーハとの貼り合わせ熱処理を $1100^\circ\text{C}$ で1時間行い、活性層が厚さ $15 \mu\text{m}$ になるまで研磨してサンプルKを作製した。

【0055】

格子間酸素濃度が $5.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が $1.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ ウェーハにも同じ処理を行って、サンプルLを作製した。

【0056】

光散乱法で欠陥観察を行った結果、サンプルKでは欠陥が観察されなかったが、サンプルLでは、約 $1 \times 10^6 \text{ 個/cm}^3$ の欠陥が観察された。

【0057】

貼り合わせ熱処理の温度において、式（1）の関係を満たす格子間酸素濃度の



ウェーハを活性層側に用いたことによって、従来の活性層にCOPを含むSOIウェーハの製造工程に何の工程も追加することなく活性層にCOPを含まないSOIウェーハが製作できた。

【0058】

【実施例7】

ドーパントをドーピングせずに育成した格子間酸素濃度が $4.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、炭素濃度が $1.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ の6インチCZシリコン単結晶に、比抵抗が $100 \Omega \cdot \text{cm}$ になるようにインゴットの状態で中性子照射によってリンをドーピングした。このインゴットから切り出し、表面の加工歪み層をエッチングによって除去したウェーハに、 $1150^\circ\text{C}$ で4時間の酸素雰囲気熱処理を行った後、酸化膜を除去して約 $15 \mu\text{m}$ 鏡面研磨を行った。

【0059】

このようにして作製したサンプルMのウェーハに対して、実施例1と同様に、欠陥観察を行った。その結果、表面近傍でも深さ $100 \mu\text{m}$ の位置でも欠陥は観察されなかった。また、X線トポグラフでスリップ転位の発生状況を観察したところ、スリップ転位は発生していないことが確認された。しかも、中性子照射を行ったインゴットの全範囲（長さ $600 \text{ mm}$ ）で比抵抗が $100 \Omega \cdot \text{cm} \pm 3\%$ の範囲に入っていた。

【0060】

このようにして作製したシリコンウェーハは、従来の方法では得られなかった極めて優れた次のような特徴を有している。

- (1) 表面近傍だけでなく深い位置でもCOPを含まない。
- (2) 比抵抗の均一性が高い。
- (3) エピタキシャルウェーハ特有の積層欠陥や転位を含んでいない。
- (4) 酸素濃度が低いので酸素析出物やサーマルドナーの生成の可能性が極めて低い。

【0061】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、表面近傍だけでなくウェーハの深い位

置までCOPの密度が極めて低いシリコンウェーハを得ることができる。貼り合わせSOIウェーハの製造においては、特別な工程を追加することなく、SOI製造プロセス中の酸化雰囲気熱処理によってCOPを消滅させることができるため、活性層中の結晶欠陥が極めて少ないSOIウェーハを低コストで製造することができる。また、ドーパントをドーピングせずに育成し、中性子照射を行った結晶を用いれば、比抵抗の均一性が高くCOPを殆ど含まない、エピタキシャルウェーハと同等のリンドープシリコンウェーハを製造することができる。このように、エピタキシャル成長や、還元性雰囲気または不活性雰囲気中での熱処理などのコストの高い処理をすることなく、COPの密度が極めて低いシリコンウェーハを安価に得ることができる。

【書類名】

要約書

【要約】

【課題】 本発明は、ウェーハの深い位置までCOPが極めて少ないシリコンウェーハを安価に製造する方法およびシリコンウェーハを提供すること。

【解決手段】 酸化熱処理の温度をT (℃) とし、ウェーハの格子間酸素濃度を [O i] (a t o m s / c m<sup>3</sup>) とした時に、酸化熱処理温度とウェーハの格子間酸素濃度の組み合わせが次の関係を満たすことにより解決できる。

$$[O i] \leq 9.42 \times 10^{21} \cdot \exp(-1.196 / (k(T + 273)))$$

ここで、格子間酸素濃度 [O i] はFT-IR法で測定した値 (ASTM F-121、1979年)、kはボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (eV)

【選択図】

なし

認定・付加情報

|         |                |
|---------|----------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2003-037523 |
| 受付番号    | 50300242437    |
| 書類名     | 特許願            |
| 担当官     | 第五担当上席 0094    |
| 作成日     | 平成15年 2月17日    |

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 2月14日

特願 2003-037523

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[302006854]

1. 変更年月日

2002年 1月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝浦一丁目2番1号

氏 名

三菱住友シリコン株式会社